

Andrej Đuretić, dipl.el.ing.
Minel-Schreder, Beograd

"TELEMENADŽMENT" - PREGLED SISTEMA ZA DALJINSKO UPRAVLJANJE I NADZOR U JAVNOM OSVETLJENJU

Poslednjih godina se sve više govori o očuvanju elektroenergetskih resursa u svim segmentima potrošnje, pa tako i u javnom osvetljenju. Poznato je da se oko 20% električne energije proizvedene u svetu potroši upravo na osvetljenje. Ušteda električne energije postaje značajna stavka, pre svega zbog očekivanog rasta cene električne energije, ali i zbog očuvanja životne sredine (smanjenje svetlosnog zagađenja). Potrošnja javnog osvetljenja u Srbiji iznosi 350 GWh godišnje što iznosi 2.3% industrijske ili 1.1% ukupne potrošnje električne energije (približno 20 miliona evra prema trenutnoj ceni od 0.056 €/kWh). Stanje u regionu je slično, pri čemu je cena el.energije čak i nešto viša (od 0.06-0.1 €/kWh) sa tendencijom daljeg rasta. Imajući u vidu sve gore navedene činjenice, telemenadžment se nameće kao ozbiljan koncept uštede električne energije. Telemenadžment je rešenje koje omogućava daljinsku dijagnostiku uz mogućnost upravljanja, tj. uključenja i isključenja svetiljki, kao i regulacije njihovog svetlosnog fluksa (dimovanja). Ovo je jedini sistem koji omogućava dvosmernu komunikaciju, tj. ima mogućnost slanja komande ali i prijema informacije o trenutnom statusu svetiljki, kao i potvrdu da je komanda izvršena.

Na ovaj način se planskim dimovanjem (obaranjem snage svetlosnih izvora, a posledično i svetlosnog fluksa) štedi energija u kasnim noćnim satima kada frekvencija saobraćaja nije velika ili kad god se za time ukaže potreba. Druga velika prednost ovog sistema je u smanjenim troškovima održavanja – kada dodje do kvara na liniji, dispečer ima preciznu informaciju gde se to dogodilo (na ekranu je prikazana tačna pozicija neispravne svetiljke- veza sa Google Earth mapama) , tj. ne mora se kao prema dosadašnjoj praksi slati ekipa na teren koja traži mesto kvara obilaskom kompletne linije pod naponom. O drugim prednostima ovog sistema biće više reči u daljem tekstu.

Pre nego što se detaljnije pozabavi pitanjem pojedinačne regulacije svetlosnog fluksa (pravi telemenadžment), u radu će biti navedene tehnike regulacije (ne i nadzora) koje su prethodile ovom relativno novom (i još uvek ne do kraja ispitanom) sistemu, a akcenat će biti stavljen na sistem bežične (wireless) komunikacije.

UVOD

Osnovni cilj upravljanja instalacijom javnog osvetljenja je postizanje projektovanog nivoa, tj. minimalnog preporučenog nivoa srednje osvetljenosti (sjajnosti) željenih površina. Ideja o regulaciji potrošnje u javnom osvetljenju nije nova i još od kraja 70-tih i početka 80-tih godina prošlog veka razmatrana je upotreba dvofaznog sistema napajanja sa celunočnim i polunočnim režimom rada, pri čemu se u polunočnom sistemu rada isključuje jedna faza, tj. isključuje se svaka druga svetiljka na liniji. Na ovaj način se štedi energija, ali uz smanjenu ravnomernost sjajnosti što utiče na kvalitet osvetljenja (gašenjem svake druge svetiljke udvostručuje se raspon između susednih stubova što stvara tamne fleke na kolovozu usled pada ravnomernosti sjajnosti).

Ugradnja foto senzora takođe se nije pokazala kao najbolje rešenje zbog menjanja njegovih karakteristika i zaprljanja u toku vremena, što informaciju o nivou osvetljenosti čini nepouzdanom. Ovo za posledicu ima čestu neusaglašenost između vidnih uslova i nivoa sjajnosti - dešavaju se situacije kada vidljivost nije na odgovarajućem nivou a javno osvetljenje je isključeno, i obratno.

Takođe, javlja se potreba za smanjenjem nivoa sjajnosti u kasnim noćnim satima kada je frekvencija saobraćaja manja, ne bi li se izbegla neracionalna potrošnja električne energije. Ovaj problem je do sada najčešće rešavan ugradnjom RTK (RadioTeleKomanda – bežični prenos telekomandne poruke) ili MTK uređaja (MrežnaTonfrekventnaKomanda - telegrafski modulisan ton signal superponiran na mrežni napon), što omogućava dirigovano uključenje tj. isključenje po potrebi, ali i nepostojanje bilo kakve povratne informacije o stanju svetiljki u bilo kom trenutku u toku eksploatacije.

U većim urbanim sredinama održavanje instalacija javnog osvetljenja predstavlja veliki problem - zbog ogromnog broja svetiljki gotovo da je nemoguća stalna kontrola ispravnosti svake svetiljke, naročito u prigradskim naseljima. Detekcija kvara (određivanje vrste i mesta kvara) zahteva dosta vremena i angažovanje velikog broja ljudi, što poskupljuje troškove održavanja sistema javnog osvetljenja i automatski smanjuje njegovu efikasnost.

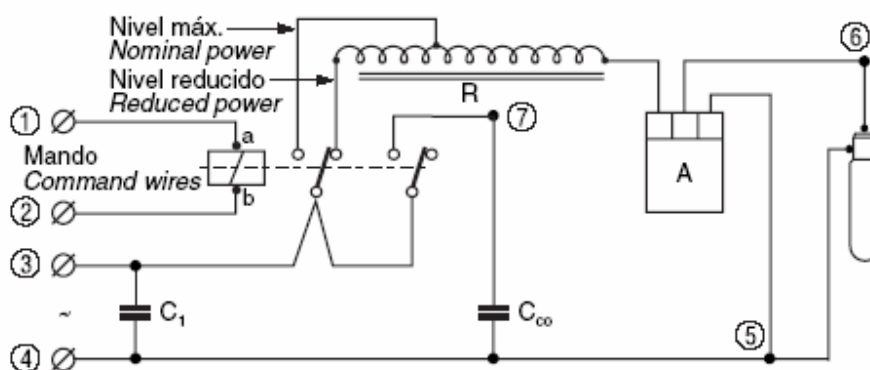
Veći zahtevi za kvalitetom osvetljenja autoputeva, raskrsnica, ulica, kao i zahtevi za većom uštedom sredstava svakodnevno povećavaju potrebu za implementacijom sistema daljinskog upravljanja.

PREGLED TEHNIKA REGULACIJE SVETLOSNOG FLUKSA

Regulaciju svetlosnog fluksa a posledično i nivoa sjajnosti u instalaciji javnog osvetljenja moguće je izvršiti na neki od sledećih načina:

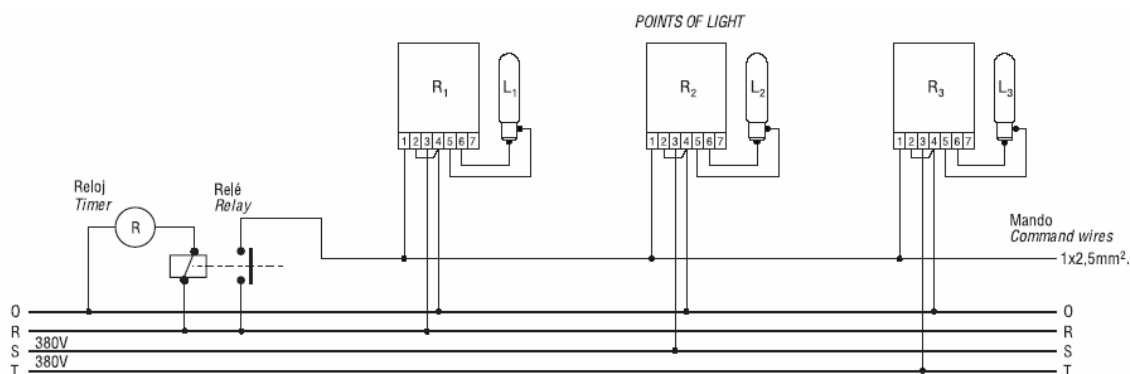
- **svetiljke sa dva svetlosna izvora** - regulacija se ostvaruje isključenjem jednog od izvora u periodu redukcije nivoa sjajnosti (regulacija 100% i 50%). Ovaj način regulacije podrazumeva značajno veće investicione troškove (svetiljke dovoljnih gabarita da prime dva izvora, dvostruko veći broj svetlosnih izvora, skuplje održavanje...) i svoju primena nalazi pre svega u tunelskom osvetljenju, najčešće u sprezi sa dvostepenim balastima.

- **dvostepeni balasti** (elektromagnetni i elektronski) – dvostepeni balast pored osnovne sadrži i dodatnu induktivnost koja se u trenutku davanja komande za redukciju pridodaje kolu povećavajući njegovu impedansu što za posledicu ima manju struju izvora, snagu i fluks emitovan iz izvora, a samim tim i ukupnu snagu koja dolazi iz mreže (Slika 1). Za implementaciju ovih balasta neophodno je obezbediti dodatnu žilu za slanje komandi za redukciju što ih čini nepodesnim za upotrebu u postojećim instalacijama (nepostojanje kontrolnog provodnika). Komanda se šalje nakon određenog zadatog vremena, nakon čega se svetlosni fluks smanji na 45-55% svoje inicijalne vrednosti (posledično i nivo sjajnosti), a utrošena snaga na 58-63% inicijalne potrošnje [1] (vidi se da fluks i snaga ne opadaju u istom odnosu, tj. njihov odnos nije linearan).



Slika 1. Dvostepeni balast sa komandnim žilama [1]

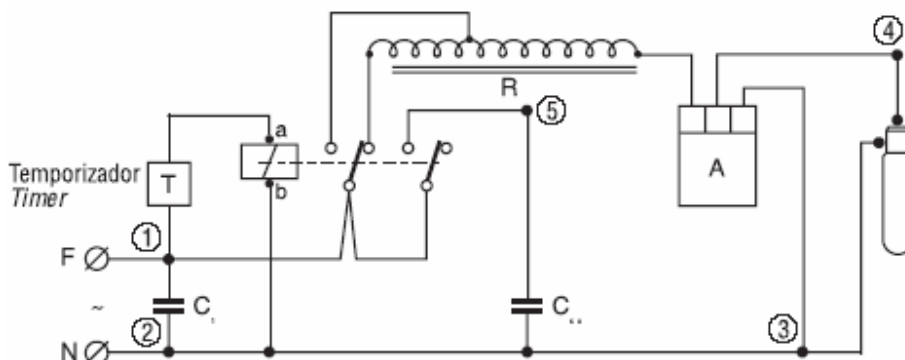
Trenutak slanja komande reguliše vremenski prekidač ("tajmer"), koji se postavlja ili u razvodnom ormanu kada je zajednički za grupu svetiljki (Slika 2), ili postoji za svaku svetiljku ponaosob.



Slika 2. Povezivanje svetiljki na mrežu preko vremenskog prekidača [1]

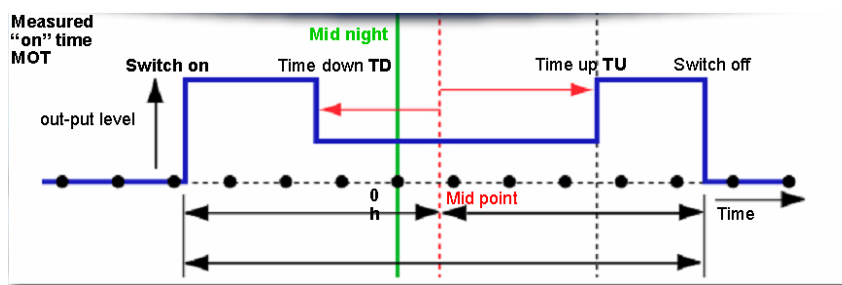
Kada svaka svetiljka ima svoj vremenski prekidač, on može biti integralni deo balasta (Slika 3.) ili zaseban uređaj koji se priključuje na mrežu ispred svetiljke. U oba slučaja, ovim uređajima nije potrebna dodatna komandna žila! Vremenski prekidači ("tajmeri") za

redukciju snage mogu biti "inteligentni" (računa sredinu intervala između uključenja i isključenja svetiljke, i određeni broj sati pre sredine intervala redukuje snagu svetiljke, a određeni broj sati posle sredine intervala vraća snagu svetiljke na nominalnu – Slika 4) ili "poluinteligentni" (ovi prekidači redukuju snagu nakon određenog vremena od trenutka dovođenja napajanja na svetiljku i drže redukovanu snagu sve do momenta isključenja

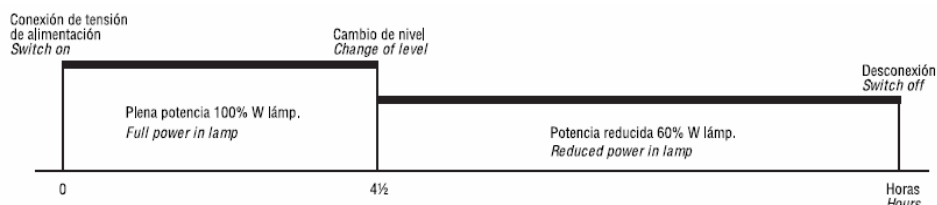


Slika 3. Dvostepeni balast sa ugrađenim tajmerom [1]

napajanja svetiljke. Dakle, nemaju vraćanje na punu snagu pre nego što se svetiljka ugasi – Slika 5). Ipak, ovde se mora napomenuti da je u slučaju standardne postojeće instalacije sa konvencionalnim elektromagnetnim balastima moguće izvršiti regulaciju – u kolo se dodaje elektromagnetni balast za dimovanje (naravno, uz odgovarajući kontroler), čime se praktično podražava rad dvostepenog balasta.



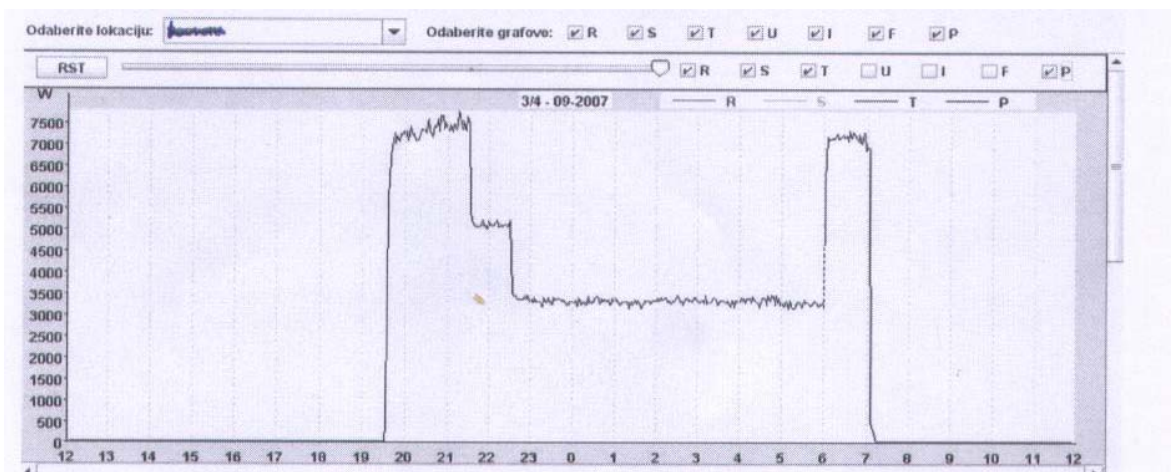
Slika 4. Dijagram rada u slučaju inteligentnih tajmera [7]



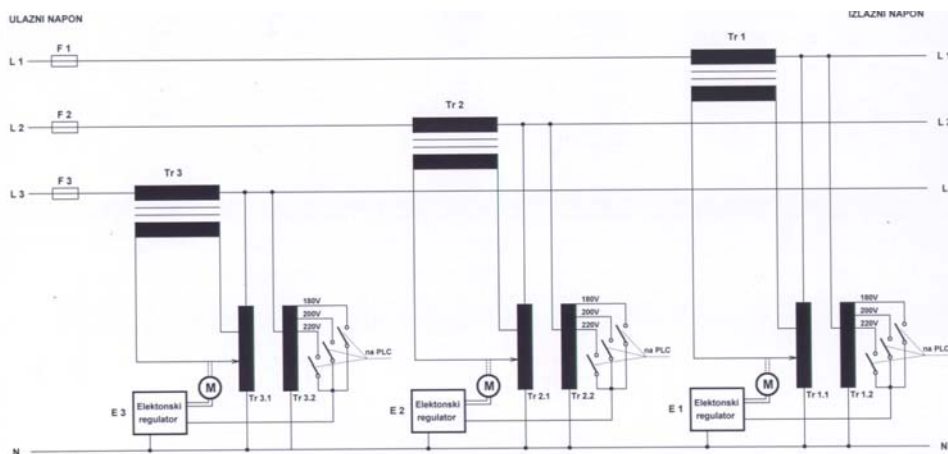
Slika 5. Dijagram rada u slučaju poluinteligentnih tajmera [1]

- **uređaji za grupnu regulaciju svetlosnog fluksa izvora** – grupna regulacija se obavlja samo sa jednog mesta (najčešće mernog mesta) za veću grupu svetiljki, npr. u jednoj ulici. To znači da nije moguće pristupiti pojedinačnoj svetiljki iz upravljačkog centra (svetiljkama nije

pridodat komunikacioni modul koji bi omogućio nezavistan pristup svakoj od njih), već samo čitavoj grupi svetiljki u nizu na jednoj određenoj liniji. Ovakvi uređaji mogu biti za *diskretnu* ili za *kontinualnu* regulaciju svetlosnog fluksa [2]. Diskretna regulacija se najčešće obavlja preko naponskog regulatora (transformatora) sa više izvoda na sekundarnoj strani kojima se obezbeđuje višestepena regulacija svetlosnog fluksa (Slika 6). Promenom (smanjenjem) napona smanjuje se i potrošnja električne energije. Ne postoji potreba za dodatnim kontrolnim žilama! Princip regulacije napona dat je na slici 7 [8].



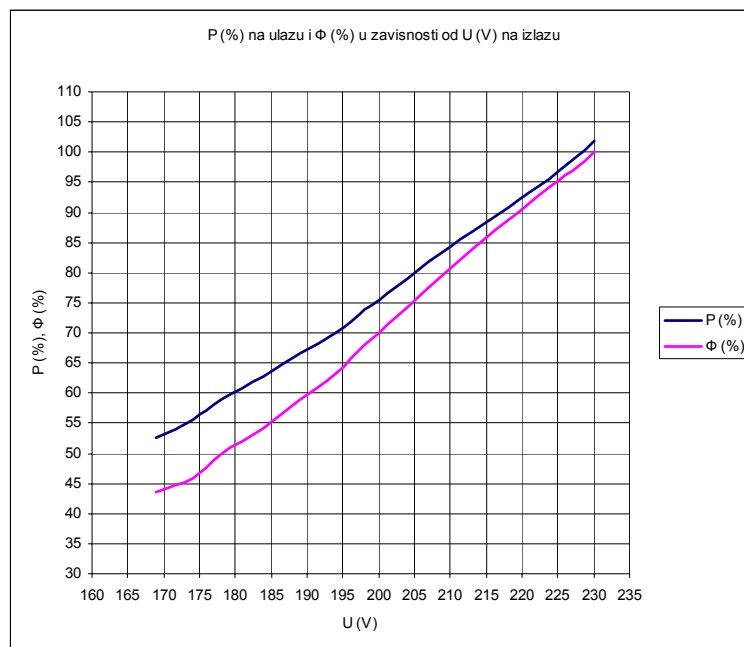
Slika 6. Diskretna grupna regulacija svetlosnog fluksa [8]



Slika 7. Stabilizovani trofazni regulator napona [8]

Kontinualna regulacija se obavlja putem jedinstvenog elektronskog kontrolera (kontroler je uređaj kojim se upravlja i reguliše stanje nekog dinamičkog sistema) koji obezbeđuje kontinualnu promenu svetlosnog fluksa grupe svetiljki. Maksimalan broj svetlosnih izvora određen je snagom kontrolera (elektronski upravljano regulatora napona) koja se kreće do 20 kVA za monofazne i do 60 kVA za trofazne sisteme [2]. Primer kontinualne regulacije dat je na

sledećem dijagramu (slika 8), promena napona je lagana i kontinualna, a takva je i promena snage (potrošnje električne energije) koju svetiljke vuku iz napojne mreže.



Slika 8. Kontinualna grupna regulacija svetlosnog fluksa

POJEDINAČNA REGULACIJA SVETLOSNOG FLUKSA

Zajedničko za sve prethodne načine regulacije svetlosnog fluksa je da ne postoji dijagnostika, tj. ne postoji povratna informacija o statusu pojedinačne svetiljke iz neke grupe svetiljki. Praktično, nijedno od prethodno objašnjениh rešenja ne podržava koncept **telemenadžmenta** (daljinskog upravljanja i nadzora). Automatska provera ispravnosti i funkcionalnosti svake svetiljke kao i daljinska kontrola u sistemu javnog osvetljenja je novi trend kome se danas teži. Poslednjih nekoliko godina vodeći svetski proizvođači svetiljki i svetlosnih izvora dosta ulažu u razvoj sistema za telemenadžment procenjujući da su to glavne smernice daljeg razvoja sistema javnog osvetljenja. Daljinska komanda (korišćenjem sofisticiranih elektronskih uređaja za kontinualnu regulaciju svetlosnog fluksa izvora svetlosti) omogućava slanje informacija na udaljene lokacije, kao što su funkcije uključenja/isključenja, dimovanja, automatskog testa itd. kako za svetiljku tako i za sistem napajanja. Zahvaljujući dvosmernoj komunikaciji između svetiljke i kontrolnog (upravljačkog) centra, omogućena je detekcija kvara ili oštećenja svetiljke, problema u napajanju i slično od strane operatora. Primenom telemenadžmenta. Telemenadžment podrazumeva prikupljanje, korišćenje i obradu podataka o radu sistema javnog osvetljenja i na kraju upotrebu tih podataka sa ciljem dalje regulacije.

VRSTE BALASTA U JAVNOM OSVETLJENJU

U prethodnom tekstu su pomenute vrste balasta koje se koriste kada nije neophodna dijagnostika i nadzor, tj. kada se vrši regulacija svetlosnog fluksa bez povratne informacije o statusu pojedinačnog svetlosnog izvora (jednosmerna komunikacija). Ovde je dat pregled svih tipova balasta koji se koriste u javnom osvetljenju:

- dvostepeni elektromagnetni ili elektronski balasti - dodatna žila
- dvostepeni elektronski balasti sa 1-10V kontrolom – dodatna žila
- elektronski balasti sa DALI kontrolom – dodatna žila
- elektromagnetni ili elektronski balasti sa ugrađenim tajmerima i jednim stepenom redukcije – nema dodatne žile
- elektromagnetni ili elektronski balasti sa 1-10V kontrolom i ugrađenim tajmerima (DIP prekidači), sa jednim stepenom redukcije – nema dodatne žile
- elektronski balasti sa 1-10V kontrolom i ugrađenim tajmerima, sa više stepeni redukcije - nema dodatne žile

Za primenu u telemenadžmentu poželjna je upotreba elektronskih balasta radi kontinualne regulacije, a prihvatljiva je upotreba i dvostepenih balasta (elektromagnetnih i elektronskih). Kada je reč o elektronskim balastima, zbog potreba detekcije, kao i komunikacije same svetiljke i segmentnog kontrolera, neophodno je da svetlosni izvor ima svoju jedinstvenu adresu (upisanu u kontroleru svetiljke) kako bi bio tačno lokacijski određen. Koncept telemenadžmentu gubi svaki smisao ako se koriste konvencionalni balasti ili balasti sa diskretnom regulacijom svetlosnog fluksa. Stoga, elektronski balasti korišćeni za dvosmernu komunikaciju i monitoring moraju biti dimabilni, pri čemu komanda za regulaciju do njih stiže iz kontrolera putem 1-10V ili DALI protokola (razmatra se i upotreba DMX standarda). To znači da i balasti moraju imati ugrađen 1-10V ili DALI interfejs za komunikaciju.

VRSTA NAPOJNE MREŽE

Javno osvetljenje može biti priključeno na dve vrste mreža u zavisnosti od njihove konfiguracije (trafostanice, kabliranje...):

- čitava instalacija JO napajana je zasebnim kablom – **nezavisna mreža**
- instalacija JO je povezana na isti napojni kabl na koji su priključeni neki drugi potrošači (domaćinstva ili neke komunalne instalacije) – **mešovita mreža**. Ovaj tip se najčešće javlja samo u nekoliko evropskih zemalja (V.Britanija, Nemačka, Italija...)

Svaki sistem daljinskog upravljanja i nadzora za JO se suočava sa 3 glavna problema koji mogu uticati na pravilan rad:

- Izobličenje signala i šum (tranzijenti, pikovi, flikeri, harmonici ...)
- Slabljenje signala (redukcija po amplitudi i intenzitetu signala u dB/m)
- Konfiguracija sistema (raspored i prisustvo energetske i telekomunikacione mreže)

OSVETLJENJE 2009.

Glavne odlike sistema javnog osvetljenja napajano sa *nezavisne mreže* su:

- Ne postoji šum ili je šum kroz napojni kabl limitiran (isto važi i za izobličenje signala), u slučaju da nijedna druga instalacija nije priključena na isti
- Limitirano je slabljenje signala ako je deonica kabla prilagođena snazi i dužini mreže.
- Distributivne šeme su dostupne pa se lako može sagledati konfiguracija mreže.

Glavne odlike sistema javnog osvetljenja napajano zajedno sa drugim potrošačima (*mešovita mreža*) su:

- Prisutan je veliki šum i distorzija signala koji potiču od nesinusoidalnih talasnih oblika koje izazivaju dimeri (proizvode jake impulse na frekvencijama od 100Hz ili 120 Hz), uređaji sa prekidačkom logikom (u frekventnom opsegu od 20 kHz do preko 1 MHz, bogati harmonicima, elektronski aparati poput računara), univerzalni motori sa rednim namotajima (usisivači, kuhinjski aparati, bušilice...)
- Značajno je slabljenje signala koje je eksponencijalno a izazvano je različitim presecima i dužinama napojnih vodova.
- Teško je sagledati konfiguraciju mreže jer distributivne šeme najčešće nisu dostupne

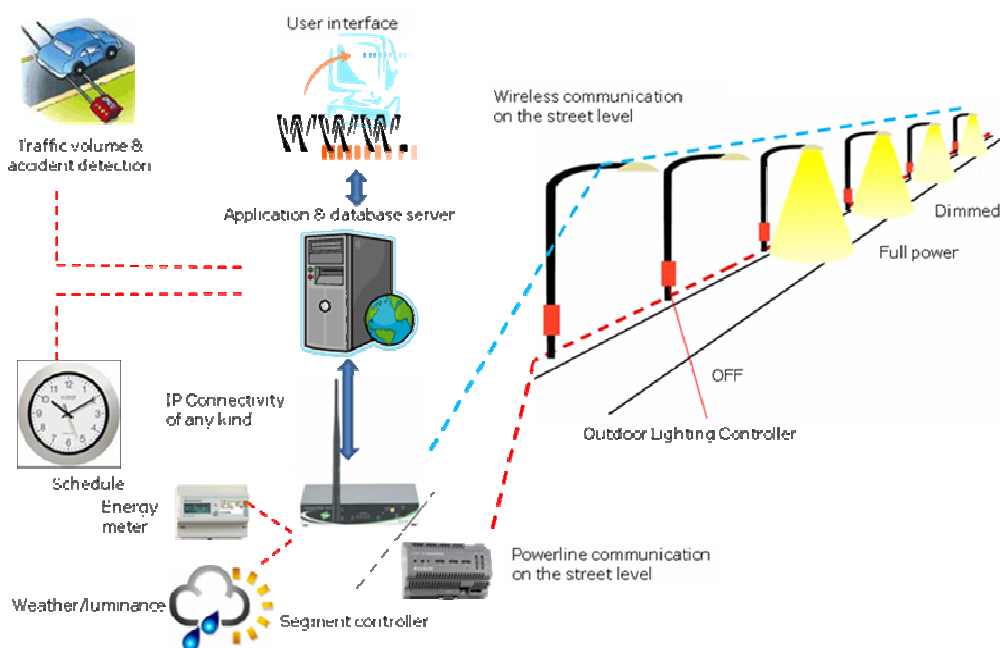
PRINCIP RADA I TIPIČNA ARHITEKTURA SISTEMA ZA TELEMENADŽMENT

Najveći broj sistema za telemenadžment sastoji se od 3 glavna elementa:

- kontroler izvora OLC (Outdoor Lamp Controller)
- segmentni kontroler SC (Segment Controller)
- upravljački softver MS (Management Software)

Sistem za daljinsko upravljanje i kontrolu javnog osvetljenja (telemenadžment) koncipiran je kao mrežni sistem sa nekoliko nivoa komandovanja. Samo jezgro sistema čini server, smešten u upravljačkom centru, koji je povezan sa jednim ili više PC računara kojima se vrši upravljanje sistemom. Moguće je pristupiti korisničkom interfejsu pomoću mobilnog telefona putem GPRS konekcije i odgovarajuće IP adrese, kao i putem Interneta pristupanjem na odgovarajuću Web stranicu i registracijom (WAN ili LAN adresa). Server poseduje aplikativni softver zadužen za upravljanje celokupnim sistemom, prikupljanje, analizu i obradu podataka. Iz ovog upravljačkog centra se može istovremeno upravljati sa više sistema javnog osvetljenja preko segmentnih kontrolera koji se najčešće nalaze u razvodnim ormanima za napajanje. Komunikacija servera tj. veza upravljačkog centra i segmentnih kontrolera u razvodnim ormanima je dvosmerna i vrši se preko TCP/IP protokola (GPS, GPRS, Edge, 3G, DSL (ADSL) tehnologije, kao i postojeća LAN). Segmentni kontroler je zadužen za komunikaciju između servera sa jedne strane i kontrolera svetiljki sa druge strane. Veza između segmentnog i kontrolera izvora ostvarena je takođe pomoću niskonaponske napojne (PLC LonWorks) ili telekomunikacione bežične mreže (Wireless Zigbee). Upravo ova veza i definiše dva najpoznatija sistema telemenadžmenta, tj. sistema prenosa signala - postojećim napojnim kablom (PLC komunikacija) ili bežično putem antene (wireless komunikacija u određenom

frekventnom opsegu). Kontroleri izvora se nalaze na hijerarhijski nižem nivou od segmentnih kontrolera. Oblik im je definisan potrebom da se smeste unutar svetiljke ili su često u podnožju stuba (zato ih često nazivaju i *stubnim kontrolerima*).



Slika 9. Arhitektura sistema za telemenadžment

Kontroler izvora OLC (stubni kontroler)

Ovo je osnovni uređaj sistema kojim se definiše stanje svetlosnog izvora slanjem signala balastu (elektromagnetnom ili elektronskom, bez obzira da li je u pitanju jednostepena, dvostepena ili kontinualna regulacija svetlosnog fluksa) za promenu. Sam kontroler obrazuje vezu između svetiljke i dinamičkog sistema osvetljenja. Komunikacija između kontrolera izvora i balasta bazira se na telekomunikacionim standardima za široku upotrebu od kojih se najviše koriste analogni standard **1-10V** i **DALI** standard. Upotreba komponenti sistema zasnovanih na ovim otvorenim standardima omogućava upotrebu i kombinaciju proizvoda različitih proizvođača u jednom sistemu. Glavne odlike ovog kontrolera su:

- Prekidačka funkcija i diskretna regulacija višestepenih balasta kao i kontinualna regulacija elektronskih balasta (dimovanje)
- Neprestani monitoring balasta
- Slanje povratnih informacija sa same svetiljke (status, sati rada, potrošnja energije, neispravnost sklopa, otkaz sijalice itd.)
- Autonoman rad

OLC merenjem struje svetiljke sam logički prepoznaje stanje balasta i svetiljke, na osnovu čega prosleđuje podatke o potrošnji i ostalim režimima rada. Arhitektura samog upravljačkog modula kontrolera zavisi od želje korisnika i potrebama za monitoringom pojedinih parametara, čija složenost utiče na cenu proizvoda (većina sistema je zasnovana na struji izmerenoj u balastu, moglo bi se omogućiti merenje odgovarajućih električnih veličina i na ostalim elementima kola - kondenzator, upaljač...).

Segmentni kontroler SC

Kontroleri izvora (do 150 njih) komuniciraju sa segmentnim kontrolerom. Osnovni element ovog uređaja je inteligentni kontroler koji obavlja različite funkcije raspoređivanja, kontrole i detektovanja podataka i alarmnih stanja po segmentu, kao i WAN komunikaciju (wide area network – najpoznatija WAN mreža je upravo Internet!) kroz ceo sistem monitoringa.

Veza sa internetom se najčešće ostvaruje putem ADSL, GPRS ili 3G tehnologije. Segmentni kontroler se najčešće postavlja u orman JO. Osnovne odlike segmentnog kontrolera su:

- Regulacija snage
- Upravljanje unetim scenarijima rada i vremenskim programima rada
- Očitavanje stanja svetiljki duž trase, merenje potrošnje el. energije
- Mrežni interfejs ka različitim protokolima i serverima
- Automatsko prikupljanje i detekcija podataka sa konektovanih kontrolera izvora i delovanje u skladu sa podacima
- Ugrađeni astronomski i apsolutni časovnik
- Mogućnost automatskog "spuštanja" novog softvera i podataka na kontrolere svetiljki

Upravljački softver

Upravljački softver je odgovoran za komunikaciju između operatora tj. korisnika i instalacije. On sadrži modul za akviziciju podataka, modul za smeštaj podataka kao i ekran sa prikazom. Tri glavne osobine ovog dela sistema su: konfiguracija, dijagnostika i kontrola u realnom vremenu.

- Deo za konfiguraciju odgovoran je za smeštanje konstantnih parametara kao što su geografske koordinate, tip svetiljke, snaga svetiljke, konfiguracija segmentnih kontrolera, konfiguracija kontrolera izvora u okviru segmentnih itd.
- Deo za dijagnostiku se stara o prikazu parametara održavanja kao što su pokvarene svetiljke, životni vek, defekt balasta, gubitak komunikacije itd.
- Deo za "by pass" kontrolu u realnom vremenu je zadužen za kritične situacije u kojima "normalni" režim mora biti manuelno premošćen.

Brz pristup željenoj informaciji u svakodnevno radu je od ogromnog značaja, te je stoga neophodno da korisnički interfejs bude jednostavan i pregledan. Sistem mora ostati u funkciji čak i kada upravljački softver zakaže ili WAN komunikacija sprečava slanje kontrolnih poruka segmentnim kontrolerima. Ovo je moguće u mreži "decentralizovane inteligencije", tj. ne postoji opasnost samo jednog centralnog kontrolera koji bi dozvoljavao da sistem funkcioniše efikasno i sigurno. Neke od mogućnosti softvera su programsko sukcesivno uključivanje svetiljki, definisanje programa rada, redukcija snage svetiljke po zadatom programu, definisanje logičkih grupa svetiljki, prikupljanje informacija o ispravnosti svetiljke, o trenutnom uklopnom stanju i tačnoj lokaciji. Postoji mogućnost grafičkog prikazivanja elemenata sistema na mapi grada (Google maps). Glavni računar, server, zadužen je za kontinualno upravljanje i kontrolu sistema i sadrži bazu podataka u koju memoriše sve relevantne parametre sa svetiljki, kao i vezane za korisnički definisane programe rada.

KOMUNIKACIONE TEHNIKE

Postoje tri glavne tehnike koje se koriste u upravljanju i nadzoru JO:

- Komunikacija napojnim kablom (**PowerLineCommunication**)
- Radio frekvencija (radio talasi ili wireless frekvencije (oko 2.4GHz))
- poseban komandni vod

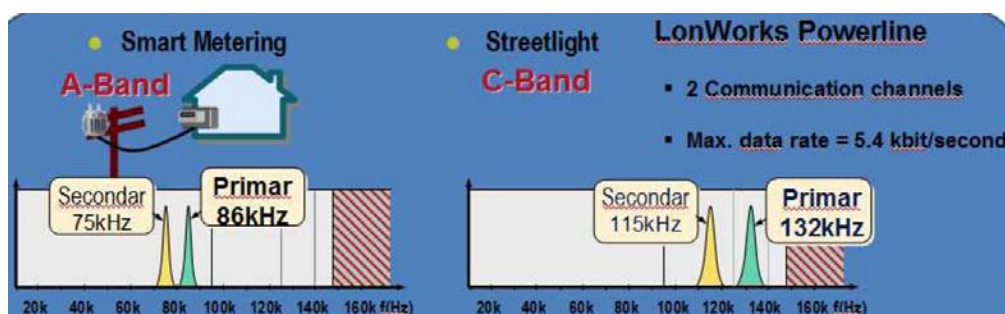
POWERLINE KOMUNIKACIJA (PLC)

Jedna od najvećih prednosti ovog sistema ogleda se u činjenici da nije potrebno polagati dodatne kablove između segmentnih kontrolera i kontrolera izvora, pa se komunikacija i upravljanje odvijaju preko napojnog niskonaponskog voda.

PLC je sistem za prenos podataka putem provodnika korišćenog za prenos električne struje. Svi PLC sistemi rade na principu utiskivanja modulisanog signala veće frekvencije u provodnik. Iako se niskonaponska mreža provodnika prvenstveno koristi za prenos električne energije, takođe imaju ograničenu mogućnost prenosa signala visokih frekvencija, što umanjuje potrebu za postojanjem novog provodnika. Glavni problemi koji se javljaju pri prenosu podataka putem Powerline komunikacije su:

- Šum koji je generisan od strane elektronskih balasta se otklanja filtrom integrisanim u kontroleru izvora ili kao posebna komponenta. On poboljšava kvalitet prenosa, ali ne eliminiše problem.
- Funkcija ponavljanja prisutna u segmentnom kontroleru ili kontroleru izvora ponavlja signal ili ga izobličava ka drugoj svetiljci što dovodi do velikih slabljenja. Optimiziranje kvaliteta u komunikaciji ne eliminiše problem jer funkcija ponavljanja izaziva prenosno kašnjenje.
- Sa stanovišta napojne mreže, zahtevaju se provere jačine signala limitirane najčešće brojem svetiljki po segmentnom kontroleru.

PLC je zasnovana na LonWorks tehnologiji (poznatijoj kao LON protokol – ANSI 709.2), otvorenom standardu koji je svoju primenu često nalazio u industriji. Osnovna karakteristika ove tehnologije je jedna žila na koju su sve komponente sistema priključene i dele zajedničku informaciju – podatak može da putuje iz bilo koje u bilo koju tačku mreže bez kvara, obezbeđujući visok stepen sigurnosti i potpunu interoperabilnost svih komponenti prema *peer-to-peer* modelu (P2P koncept umrežavanja komponenti bez servera, gde je svaki čvor inteligentna radna stanica, koja pronalazi druge čvorove putem *broadcast ethernet* paketa i komunicira s njima direktno, bez potrebe autorizacije na nekom centralnom serveru. Sve komponente (svetiljke) su istovremeno i izvori i prijemnici odgovarajućih informacija).



Slika 10. PLC frekvencijski opseg

U Evropi ovi signali moraju biti u opsegu **9 - 148.5kHz**, gde se opseg dalje deli na oblasti (Slika 10), pri čemu A-oblast (**9-95kHz**) koriste distributeri električne energije za merenje potrošnje, a C-oblast (**125-140kHz**) potrošači u JO. Brzina prenosa signala kod PowerLine komunikacije nije velika i iznosi **5.4 kbit/s**. Upotreba Powerline komunikacije zahteva dobro poznavanje napojne mreže, dosta uloženog truda u mrežnu analizu kao i osposobljeno osoblje da izmeri snagu signala gde je potreban pristup mrežnom napajanju.

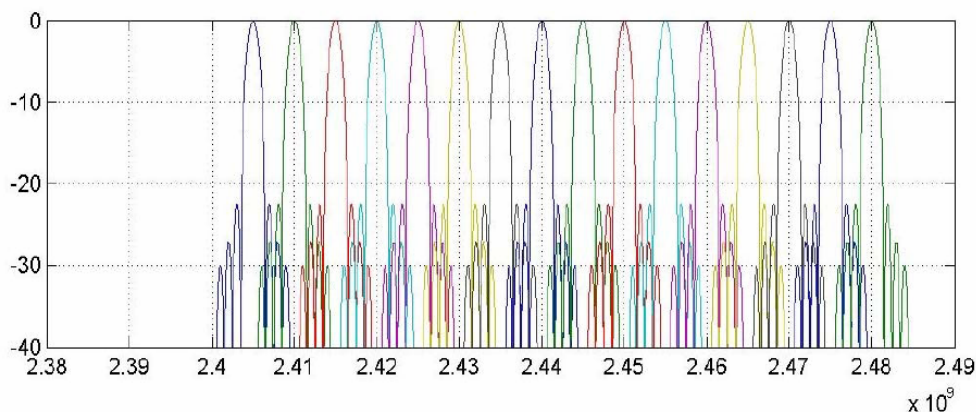
U slučaju mešovite mreže javlja se slab kvalitet prenosa signala, kao i komplikovana rešenja za slučaj napajanja instalacije sa različitih područja i ograničeno funkcionisanje u zavisnosti od ograničenog propusnog opsega. Implementacija PowerLine sistema se preporučuje isključivo u slučaju nezavisne mreže (objašnjeno kod vrsta napojnih mreža)!

BEŽIČNA KOMUNIKACIJA (ZIGBEE WIRELESS)

Zigbee je wireless tehnologija (IEEE 802.15.4) razvijena kao otvoreni globalni standard u cilju zadovoljenja potrebe za jeftinom bežičnom mrežom koji koristi signale male snage. Bežični signal koji IEEE 802.15.4 wireless standard propisuje nalazi se u nelicenciranom (besplatnom) ISM opsegu (Industrial, Scientific & Medical) koji koristi frekvencije u opsegu **2.4-2.484GHz** (podeljen na 16 kanala koji omogućavaju brzinu prenosa od **250kbit/s** – 50 puta veća brzina od PLC prenosa!), kao i u opsezima **868-868.6MHz** (brzina 20kbit/s po 1 kanalu) i **902-928MHz** (brzina 40kbit/s po 6 kanala) za SAD i Australiju (Slika 11). Kada je frekventni opseg definisan kao slobodan, to znači da za njegovu upotrebu nisu potrebne posebne dozvole ili licence. Oni su namenjeni za slobodno korišćenje za kućne uređaje, daljinsko upravljanje, merne instrumente,

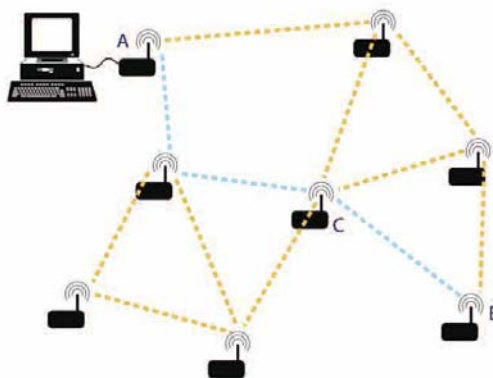
lokalno umrežavanje, mirotalasne pećnice, i slične primene. Iz praktičnih razloga besmisleno je da se za ovakve uređaje izdaju dozvole te su za njih odvojeni neki opsezi na kojima se ne vrši nikakav drugi radio-saobraćaj. Međutim, zbog smanjenja mogućih međusobnih smetnji, propisi ograničavaju maksimalnu emitovanu snagu i način primene (zatvoren prostor, bez spoljašnjih antena i slično...). Maksimalna dozvoljena emitovana snaga (EIRP) je 100 mW.

Način komunikacije na delu sistema između upravljačkog centra i segmentnog kontrolera je identičan za oba načina prenosa, Powerline i Wireless (Slika 9). Jedina razlika je u metodu komunikacije između segmentnog kontrolera i samih pojedinačnih kontrolera izvora.



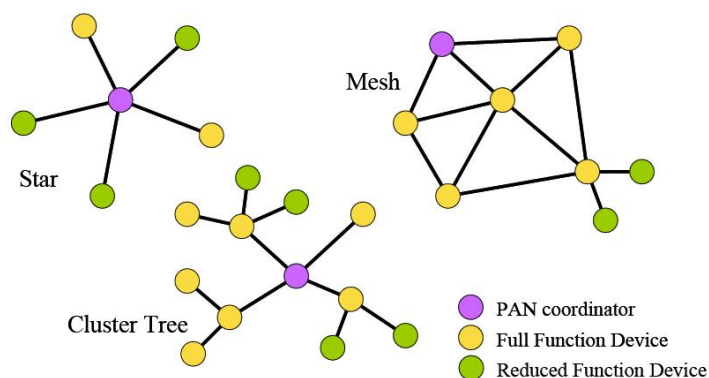
Slika 11. Zigbee frekvencijski opseg

U slučaju upotrebe Powerline-a kabl distributivne mreže izvršava ovaj zadatak. U slučaju primene ZigBee komunikacije RF antena je osnovna komponenta sistema, i ona predstavlja vezu stubnog i segmentnog kontrolera. Ona se nalazi na samom stubu u blizini svetiljke. Svaki čvor tj. stubni kontroler predstavlja ujedno i prijemnik i predajnik. Pojam samopopravke putanje se javlja u mrežnoj topologiji tipa *Mesh*. Ona se koristi u aplikacijama gde je udaljenost između 2 čvora izvan opsega radio talasa, ali se neki od drugih čvorova nalaze u opsegu i mogu se iskoristiti kao posrednici za prenos signala. Mreža se sama stara da signal dođe do svojih krajnjih odredišta. Ako je neki od čvorova glavne putanje toka signala u kvaru, informacijom o nastanku greške na tom čvoru ili putanji, mreža sama pronalazi i implementira alternativne putanje kako bi nesmetano signal došao na svoje odredište (ako se antena C isključi iz nekog razloga, nova putanja će biti korišćena da informacije stignu od čvora A do čvora B – Slika 12).



Slika 12. ZigBee sistem komunikacije sa mogućnošću prenosa do 150 čvorova

ZigBee komunikaciju je moguće primeniti u mrežama koje imaju sledeće topologije: Star (oblik zvezde), Mesh (oblik mreže) i Cluster tree (oblik razvijenih grana). Topologije tipa Star su uobičajeno u upotrebi, dok Mesh oblik mreže omogućava visok nivo pouzdanosti omogućavajući više mogućih putanja tokova signala kroz mrežu. Poslednji oblik mreže, Cluster tree, koristi kombinaciju Star i Mesh topologije i kombinuje pogodnosti obe mreže (Slika 13).



Slika 13. Mrežne topologije ZigBee komunikacije

Upotreba ZigBee protokola zahteva rad barem jednog od čvorova kao koordinatora mreže, dok funkcionalnost uređaja na krajevima mreže može biti redukovana zbog smanjenja troškova. Poželjno je da konfiguracija mreže bude tipa Mesh, tako da poseduje strukturu mreže čije su sve grane bežično povezane. Tok signala je nesmetan kroz samu mrežu adekvatnom putanjom. Glavni problemi koji se javljaju pri prenosu podataka bežičnim putem su:

- Prisustvo šuma i distorzije signala distributivne mreže nije izraženo zbog bežičnog prenosa. Problem može da nastane kod prenosa različitih signala iz istog opsega (npr. WLAN je najgori mogući slučaj – WiFi i Bluetooth rade na istoj frekvenciji od 2.4 GHz. Ipak, izvršeni su brojni testovi i ustanovljeno je da WiFi i Zigbee ne smetaju jedan drugome, jer su "uski" paketi podataka male snage (28kB) poslani putem Zigbee-ja uspevali da pronađu rupe (timeslots) između širokih paketa podataka koji se prenose WiFi-jem (250kB), čak i kada su ih pustili na isti kanal). Ako se i desi da je Bluetooth mreža izazvala gubitak Zigbee paketa, pošiljalac je u mogućnosti da ga ponovo pošalje ako ne dobije povratnu informaciju o prijemu sa željene lokacije.
- Slabljenje signala je moguće smanjiti povećanjem snage emitovanja, broja repetitora signala ili dodavanjem dodatne antene.
- Konfiguracija energetske mreže ne utiče jer je komunikacija nezavisna od napajanja, ali za podešavanje sistema bežične mreže bitno utiče okolina (zgrade, drveće itd.)

Jedna od prednosti ovog sistema nad Powerline sistemom je sigurnije, jednostavnije i pouzdanije dobijanje merenih rezultata nakon instalisanja sistema.

Pre početka instalacije bežične mreže upravljanja stubnim kontrolerima potrebno je znati optimalan položaj montaže antena, proveriti jačinu signala nakon postavljanja antena, što rezultuje možda dodatnim postavljanjem segmentnih kontrolera i lokalnih emitera.

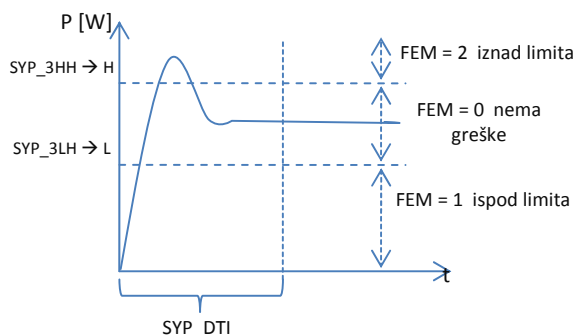
KOMUNIKACIJA DODATNIM KOMANDNIM VODOM

I u ovom slučaju koristi se LON protokol, tj PowerLine komunikacija. Jedina razlika je što se za prenos signala koristi poseban vod (signal ne ide kroz distributivni kabl). Ovo rešenje nije preporučljivo, koristi se u situacijama kada investiciona ulaganja i dodavanje novih kablova ne predstavljaju prepreku. Schreder grupa ovu tehnologiju koristi isključivo u zatvorenim sistemima (tunelsko osvetljenje), nikako u slučaju instalacija javnog osvetljenja.

PRIMER WIRELESS SISTEMA (OWLET)

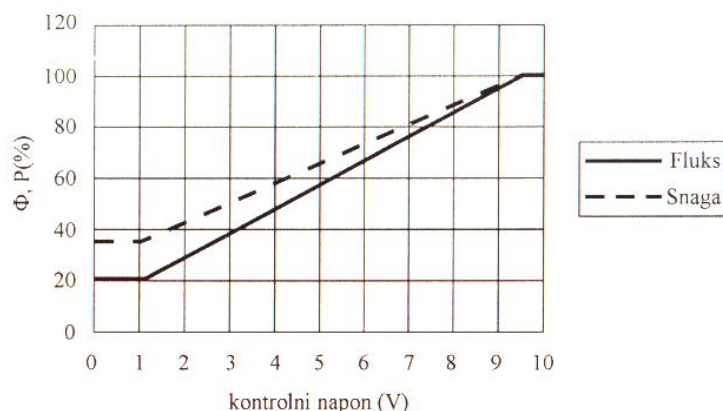
Owlet je nemačka kompanija iz Majнца koja posluje u okviru Schreder grupe. Owlet je razvio prvi sistem telemenadžmenta u Evropi (u SAD "Brown Betty") koji koristi ZigBee protokol, otvoreni industrijski standard baziran na bežičnom prenosu.

Kontinualna regulacija snage (dimovanje) vrši se otvorenim protokolima 1-10V, DALI i DMX (ovaj poslednji tek u fazi razvoja). DALI (Digital Addressable Lighting Interface) je prisutan kao otvoreni digitalni protokol dvosmerne komunikacije razvijen za potrebe upravljanja osvetljenjem. DMX takođe predstavlja protokol namenjen za jednosmernu komunikaciju između kontrolera i dimera, koji se koristi u svetlosnoj tehnici. Najnovije verzije DMX standarda (RDM – **R**emote **D**evice **M**anagement) podržavaju dvosmernu komunikaciju balasta i kontrolera. Kod protokola 1-10V u zavisnosti od veličine jednosmernog komandnog napona svetlosni fluks (snaga) opadne za određeni procenat u odnosu na nominalnu vrednost. Treba reći da je 1-10V u osnovi analogni sistem koji omogućava jednosmernu komunikaciju. Međutim, Owlet koristi sistem koji korišćenjem elektronskog brojila utrošene električne energije "simulira" dvosmernu komunikaciju – merenjem utrošene energije dobija se informacija o radu svetiljke, tj. poredi se utrošena energija sa očekivanom potrošnjom koja je predstavljena dijagramom koji daje opseg u kome ona mora da se nalazi. Nakon slanja signala za redukciju, gornja granica na dijagramu se spušta (manji utrošak energije) i proverava se da li je potrošnja u opsegu očekivane. Ako nije, sistem šalje poruku o grešci. (Slika 14)



Slika 14. protokol 1-10V simulacija dvosmerne komunikacije

Regulacija fluksa nije u istim koracima kao regulacija snage, jer fluks i snaga nisu linearno spregnuti, tj. za opadanje fluksa od npr. 50% snaga opada za 40%). Pri tome treba voditi računa o mogućnostima samog svetlosnog izvora da podnese redukovani pad napona a da ostane u funkciji.



Slika 15. Dijagram zavisnosti aktivne snage, odnosno fluksa izvora svetlosti u odnosu na veličinu kontrolnog napona

DEMO VARIJANTA OWLET SISTEMA

Kompanija Owlet je razvila kontrolere izvora za 1-10V komunikaciju, a pre nekoliko nedelja izašla je i DALI verzija ovog sistema (DMX se očekuje u narednim mesecima) - kod DALI protokola je moguće da sa jednog kontrolera idu 64 adrese – npr. biće moguće priključiti parkovske podne svetiljke koju su raspoređene u nekom parku oko stuba ili povezati neki od susednih stubova vodeći računa o dometu i na taj način ostvarivši uštedu u DALI interfejsima.

Na samom vrhu svakog od stubova nalaze se odgovarajuća antene smeštene u plastično kućište (razmatra se čak i mogućnost postavljanja antena na vrh svetiljke, ali nikako u zatvoren metalni prostor kao što je stub ili svetiljka). Posle ispitivanja na terenu sa antenama različitih snaga i konstrukcija došlo se do zaključka da su dipol antene najbolje ali su najskuplje. Izabrana je whip antena koja je snage 10mW, srednjeg dometa 231,2m (maksimalni domet 441,1m a minimalni 227,5m). One predstavljaju dobar balans između cene i kvaliteta. Ako nema dovoljne jačine signala u slučajevima kada nije ostvarena dobra vidljivost između dva stuba, kao i pri nailasku radio talasa na neku prepreku tipa betonskog zida, zgrade i slično, poželjno je postaviti antene prenosnice signala. Sa antenama snage 2mW moguće je ostvariti prenos u razdaljini do 100m između stubova. Potrebno je minimalno da jedna antena stubnog kontrolera bude u dometu antene segmentnog kontrolera tj. ne bi trebalo ići na veću razdaljinu od 230m.

Segmentni kontroler (skraćeno **SeCo**) može vršiti upravljanje i nadzor oko 150 stubnih kontrolera tj. čvorova. Montira se najčešće u orman javne rasvete. SeCo prikuplja podatke sa OLC-ova (pojedinačnih kontrolera izvora) kroz Zigbee mesh mrežu i predaje ih putem interneta web serveru, obezbeđujući sigurnost putem VPN (**V**irtual **P**riate **N**etwork – virtuelna privatna mreža omogućava korisnicima na razdvojenim lokacijama da preko javne mreže (npr. Interneta) jednostavno održavaju zaštićenu komunikaciju). Veza sa Internetom se ostvaruje

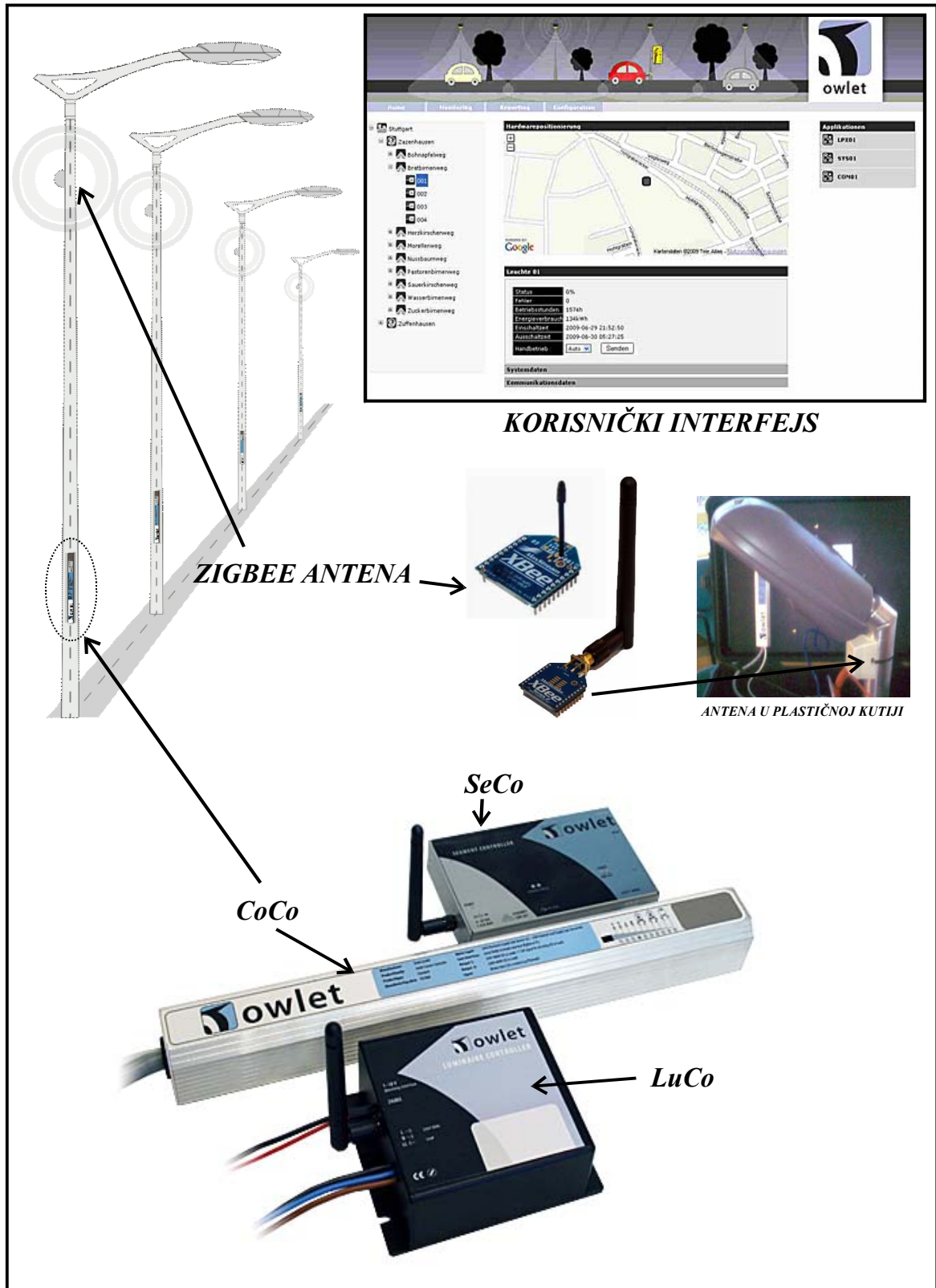
putem ADSL,GPRS ili 3G mreže. Ima nezavisno napajanje, stepen mehaničke zaštite je IP66 – može stajati van ormana.

Kontroleri izvora (skraćeno **OLC**) mogu biti predviđeni za stubnu montažu (**CoCo** – **Column Controller**) ili u samu svetiljku (**LuCo** – **Luminaire Controller**). Svi uređaji u ovoj porodici imaju pouzdanu Zigbee komunikaciju, prekidačke i dimabilne funkcije, kao i detekciju kvara izvora svetlosti. OLC-ovi su nezavisni od tipa balasta, tj. mogu da rade sa svim tipovima. **CoCo** ima stepen mehaničke zaštite IP67, opremljen je sa dva nezavisna priključka u kojima se nezavisno meri utrošak električne energije (u slučaju stuba sa dve svetiljke) brojilima klase 1, poseduje dodatne priključke za svečano osvetljenje, reklamne panele, foto ćelije, kao i za npr. dobijanje informacije o tome da li su vratanca na stubu zatvorena. Neprekidno se mere i nadgledaju struja, napon i faktor snage svetiljki. Poseduje ugrađen astronomski sat koji omogućuje paljenje i gašenje izvora čak i u slučaju da uređaji višeg prioriteta (SeCo,web server) zakažu.

LuCo može biti isporučen u tri verzije: sa DALI interfejsom, sa merenjem i bez merenja utrošene električne energije. Kao i kod CoCo-a, neprekidno se mere i nadgledaju struja, napon i faktor snage svetiljki. Poseduje ugrađen astronomski sat koji omogućuje paljenje i gašenje izvora čak i u slučaju da uređaji višeg prioriteta (SeCo,web server) zakažu.

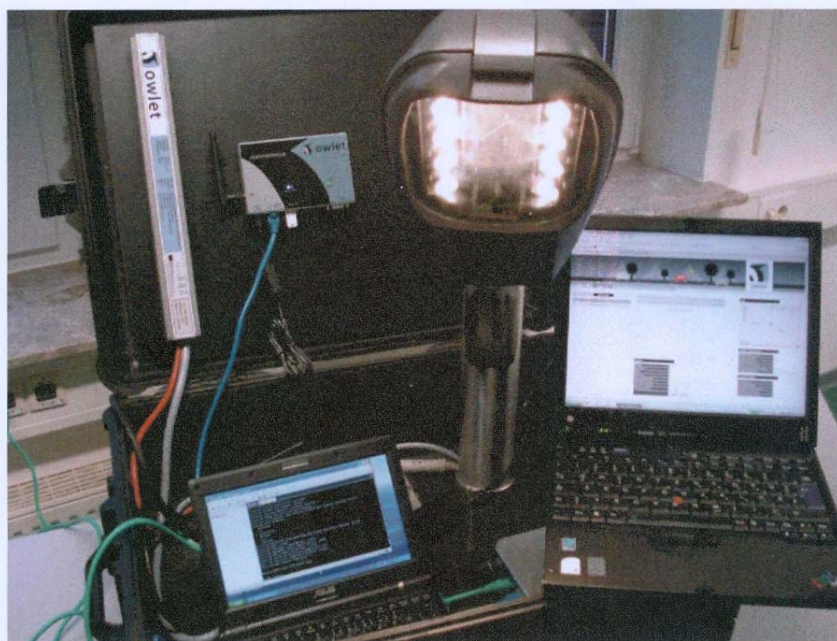
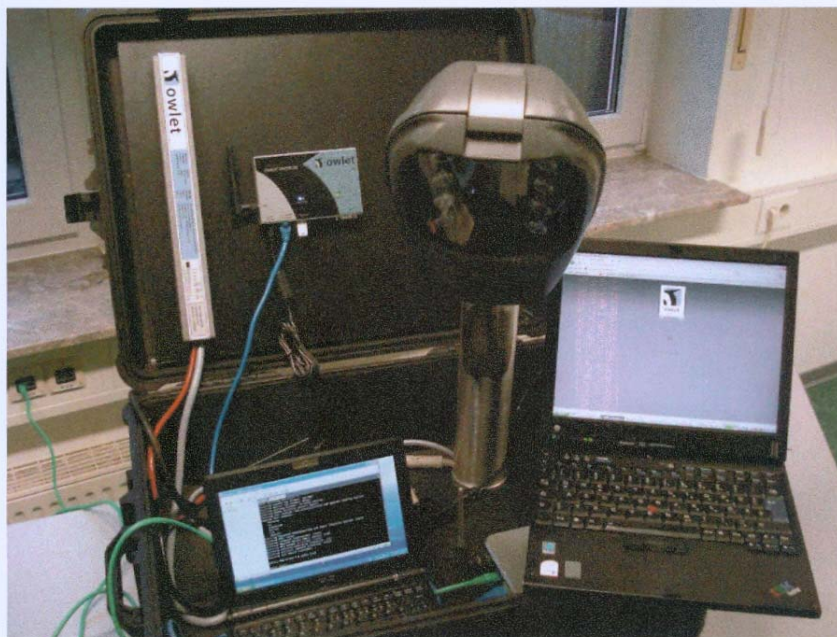
Svi uređaji koji čine Owlet sistem dati su na Slici 16 i 17 (na slici 17 prikazan je izgled Demo kofera gde jedan Notebook računar obavlja ulogu servera, a drugi PC ima ulogu povezivanja sa korisničkim interfejsom.

Korisnički interfejs nalazi se na serveru koji može biti smešten bilo gde (još jedan primer otvorenog sistema). Owlet sistemu tj. serveru je moguće pristupiti preko neke od IP konekcija kao npr. 3G mobilne mreže ili putem EDGE i GPRS tehnologije, takođe putem Etherneta ili Wi-fi komunikacije. Na ovoj način se može locirati i nadgledati instalacija osvetljenja čak i preko mapa koje obezbeđuje Google Map servis, konfigurirati sistem, menjati postavljene scenarije dimovanja ili plan gašenja svetiljki, i sve to na Web stranici sistema. Sve prikupljeni podaci se smeštaju i čuvaju na SQL bazi podataka čineći informacije raspoloživim na duži vremenski period, pre svega radi analiza potrošnje električne energije, predviđanja životnog veka izvora svetlosti, detekcija problema...



Slika 16. Elementi OWLET sistema telemenadžmenta

Unpacking / Packing



Owlet Demo Case

Page 6

Slika 17. Izgled demonstracionog seta kompanije OWLET

ZAKLJUČAK

Telemenadžment nudi veliki broj funkcija uz veliku fleksibilnost i mogućnost nadgradnje. Najbolja preporuka ovog sistema je upravo povećanje energetske efikasnosti sistema javnog osvetljenja kao i povećanje pouzadnosti u radu uz smanjenje operativnih troškova održavanja. Osnovni principi uštede električne energije su:

- **održavanje konstantnog nivoa svetlosnog fluksa tokom rada instalacije** – ne treba smetnuti s uma da se svaka nova instalacija projektuje tako da tek na kraju instalacije ima projektovani nivo sjajnosti (najčešće se uzima da je faktor održavanja 0.8, što znači da se za novu instalaciju ima 25% viši nivo sjajnosti od željenog. Kontinualnom regulacijom svetlosnog fluksa tokom eksploatacije (vodeći računa i o periodičnoj zameni svetlosnih izvora) **može se uštedeti i do 10% električne energije!**
- **regulacija snage izvora svetlosti** – izvori svetlosti se najčešće proizvode za određene snage (npr. 50W, 70W, 100W, 150W, 250W i 400W za natrijumove izvore visokog pritiska), a rastojanje između stubova i ravnomernost sjajnosti (posebno podužna) određuju geometriju instalacije. Posledica toga je da se zarad zadovoljenja prethodno pomenutih faktora često koriste i veće snage od potrebnih (npr. potrebna je snaga od 120W, a postoje samo izvori snage 100W ili 150W). **Na ovaj način se regulacijom mogu ostvariti uštede i do 25%!**
- **regulacija u zavisnosti od gustine saobraćaja** – ovo je najočigledniji primer uštede električne energije u slučaju implementacije telemenadžment sistema. Gustina saobraćaja tokom noćnih sati nije ista, veća je npr. u 21h nego u 3h posle ponoći. Poznavanjem prilika u saobraćaju moguće je kontinualnom regulacijom **ostvariti uštede i do 40% električne energije!**

Ukupno uzevši, može se ostvariti prosečna ušteda električne energije i do 40% inicijalne vrednosti!

Telemenadžment je još mlada tehnologija, a najveći problem još uvek predstavlja visoka investiciona suma u odnosu na sisteme grupne regulacije. Ono što je velika prednost (bilo da je reč o bežičnom ili PLC sistemu bez obzira na neosporne prednosti bežične komunikacije – veća mobilnost uređaja, prenosa podataka male snage baterijskim napajanjem za razliku od rizičnog prenosa energetskim kablom, manja investiciona suma po čvoru mreže, veća brzina prenosa podataka...) telemenadžment sistema je povratna informacija o statusu svakog pojedinačnog izvora svetlosti, na osnovu koje je moguća brza i pravovremena intervencija na otklanjanju kvara. Ipak, čini se da je ovaj sistem pogodniji u većim sredinama gde je veoma teško održavati veliki broj svetiljki u JO (npr. u Beogradu oko 100 000 stubnih mesta), pa daljinska dijagnostika olakšava rad ekipama za održavanje i donosi značajne uštede. Kada je reč o manjim sredinama gde se detekcija mesta kvara može lako odrediti izlaskom ekipe na teren, ne treba odbacivati upotrebu sistema za grupnu regulaciju (npr. regulacijom napona PWM modulacijom uz upotrebu čopera). Narednih nekoliko meseci doneće neophodne tehn-ekonomske analize i dati odgovor na pitanje – koji je najbolji put za uštedu električne energije u JO?

LITERATURA

1. ELT – Ballasts for discharge lamps, Katalog 2005.
2. "Osvetljenje puteva", Prof.dr Miomir B. Kostić, Beograd 2006.
3. Telemonitoring – technical white paper, Schreder 2008.
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_\(control_theory\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_(control_theory))
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_Logic_Controller
6. Philips brošura –"Starsense – telemanagement made easy", 2009.
7. Philips brošura –"Chronosense and Dynadimmer – The Philips stand-alone dimming solutions ", 2009.
8. "Regulacija i nadzor javne rasvjete", Katalog Elektrouniverzal Bihać 2008
9. <http://www.owlet-streetlight.de/english/owlet/>
10. OWLET - katalozi, brošure i prezentacije, 2009.
11. " Sistemi za pojedinačnu kontinualnu regulaciju svetlosnog fluksa u JO", M.Ječmenica, studentski rad (Prof.dr Miomir B. Kostić), Beograd 2009.